

3/53.4

# SOI構造形成技術

古川 静二郎 編著

産業図書

表 5.1 分子線エピタキシャル成長、固相エピタキシャル成長およびエピタキシャルアライメント成長と融点( $T_m$ )との関係、表中の規格温度は各成長温度を融点( $T_m$ )で規格化したもの<sup>21)</sup>。

$\text{N}(\text{Si})/\text{Si}$	Si/Si	Si/GaAs	$\ln P/\ln P$
温度	規格温度 (K)	温度 規格温度 (K)	温度 規格温度 (K)
分子線エピタキシャル成長	300 0.23 $T_m$	420 0.25 $T_m$	360 0.24 $T_m$ 370 0.28 $T_m$
固相エピタキシャル成長	620 0.49 $T_m$	770 0.46 $T_m$	770 0.51 $T_m$ — —
エピタキシャルアライメント成長	920 0.73 $T_m$	1170~1270 0.69~0.75 $T_m$	— — — —

わらず、これらの成長温度がほぼ  $\frac{1}{4} T_m$ ,  $\frac{3}{4} T_m$ ,  $\frac{1}{2} T_m$  となっていることは極めて興味深い。

一方、a-Si の融点(～1200°C)が c-Si のそれ(～1400°C)よりも低いとの報告<sup>22)</sup>が最近相ついで行なわれている。これらの結果は 1400°C まで固相成長が生じるとの丁寧な実験結果(図 5.8)に見られる結果と矛盾しており、1 つのバラドックスとなっている。レーザアニールを用い、1200°C 以上に加熱した場合、その初期過程で a-Si 層の表面が溶融し、続いて explosive crystallization が非常に速い速度(10<sup>3</sup> cm/s)で進行し、a-Si 層が微小粒径の多結晶 Si(粒径: 10 nm)となり、その後のアニール過程で多結晶 Si が SPE 成長するとの仮説<sup>23,24)</sup>も提案されているが、まだ明らかな解明はなされていない。

固相成長速度は下地 c-Si 基板の面方位<sup>22)</sup>および a-Si 中に含まれる不純物の種類<sup>25)</sup>により強い影響を受ける。(100), (110) および (111) 面の基板結晶を例にとれば、これらの面上における成長速度の比は、ほぼ 1 : 0.25~0.33 : 0.05~0.13 となる。活性化エネルギー( $E_a$ )の値は成長方位には依存しておらず、したがって pre-exponential 因子( $V_0$ )が基板の面方位に依存することになる。これらの成長速度が方位に依存する現象は、Drozd-Washburn のモデル<sup>26)</sup>によりうまく説明することができる(5.1 節参照)。

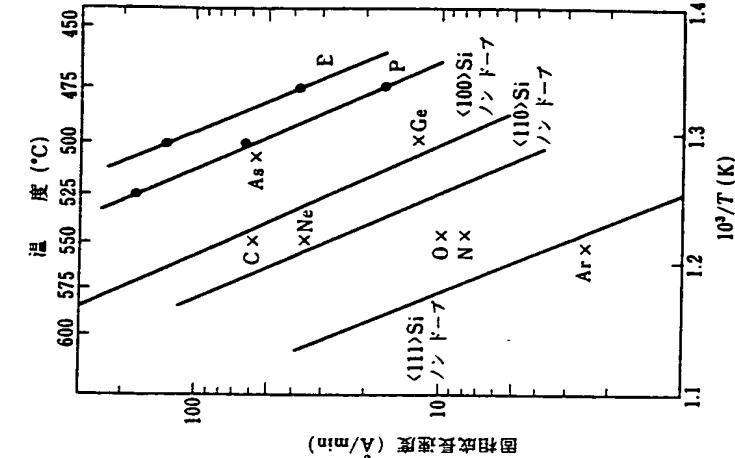


図 5.9 固相成長速度のアニール温度依存性に与える不純物導入の効果<sup>27,28)</sup>。

〈監修者略歴〉

菅野 伸雄

昭和29年 東京大学工学部電気工学科卒業  
昭和33年 工学博士  
現 在 東京大学工学部電子工学科教授

〈著者略歴〉

古川 静二郎

昭和31年 東京工業大学工学部電気工学科卒業  
昭和36年 東京工業大学大学院博士課程修了、工学博士  
現 在 東京工業大学大学院純理工学研究科教授

集録回路プロセス技術シリーズ

SOI 構造形成技術

定価 4200 円

昭和 62 年 10 月 23 日 初版第 1 刷

編著者 古川 静二郎  
発行者 久勝  
発行所 産業図書株式会社  
東京都千代田区飯田橋 2-11-3  
郵便番号 102

電話 東京 (261) 7821 (代)  
振替口座 東京 2-27724 番

© Seijiro Furukawa 1987  
ISBN4-7828-5625-3 C3055.

新日本印刷・昇栄社製本

*Book Title: SOI Structure Formation Technique*

*Author and Editor: Seijiro Furukawa*

*Publisher: Sangyo Toshyo*

*Published Date of the First Edition: October 23, 1987*

..... On the other hand, it was successively reported recently that the melting point of a-Si ( $\sim 1200^{\circ}\text{C}$ ) is lower than that of c-Si ( $\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ). These results are inconsistent with the experimental data shown Figure 5.8 that the solid-phase growth is occurred until  $1400^{\circ}\text{C}$ , and cause a paradox. It is suggested a hypothesis that in case of heating at  $1200^{\circ}\text{C}$  or more by laser annealing, a surface of a-Si layer is melt at an initial step, explosive crystallization is proceeded at very high speed ( $10^3$  cm/s), then the a-Si layer becomes polycrystalline Si having micro-grain size (Grain Size: 10 nm), the polycrystalline Si proceeds SPE growth by anneal process performed thereafter. However, this hypothesis has not been cleared.

The speed of the solid-phase growth is very affected by plane-direction of a base c-Si substrate and kinds of impurities contained in a-Si. Giving examples of crystalline substrate having (100), (110) or (111) plane, the ratio of growth speed on the surface of each plane is approximately 1:0.25 to 0.33:0.05 to 0.13. An activation energy ( $E_a$ ) does not depend on the growth direction. Therefore, a pre-exponential element ( $V_0$ ) becomes to be dependent on the plane-direction. The phenomenon that these growth speed depends on the direction, can be well explained by a model of Drosd-Washburn (Refer to Section 5.1).

Effect of impurities incorporation on the growth speed is shown in Figure 5.9. The impurities B, P, As, etc, which are electrical active, make the growth speed about 10 times faster, and it is found that Ge gives no changes and O, C, N, Ar, etc reduce the speed. In an example of research of the solid-phase growth under pressure, it is known that the growth speed increases 14 times faster in case of water pressure at 20 kbar and matrix strain approximately at 0.7%. However, in case of Figure 5.9, the matrix strain caused by the impurities incorporation is small at 0.01 to 0.02%, and therefore it cannot be explained the acceleration effect of the growth speed by such level of the matrix strain. In the result of simultaneously incorporation of P which becomes a donor in Si and B which becomes an accepter therein, the effects of both are counterbalanced. Thus, it is found that the acceleration of the growth speed is very related to the

partial effect of carrier density. On the other hand, it is largely reported that the activation energy is not changed by the incorporation of these impurities.

.....

- \* Chart 5.1 (page 108) shows the relationship between the molecular beam epitaxial growth and the epitaxial-alignment growth and the melting point ( $T_m$ ).
- \* Figure 5.9 (page 109) shows the effect of the incorporation of impurities in which the solid-phase growth speed depends on the annealing temperature.